玉屏风多糖对草鱼生长性能、免疫器官指数和肝胰脏非特异性免疫指标的影响

王志敬[1]　刘明珠[1]　于　辉[2]　尹福泉[1*]　杜殷炜[2]　汤弘勇[1]　石　琳[1]

（1.广东海洋大学农学院，湛江 524088；2.佛山科学技术学院生命科学与工程学院，佛山 528231）

摘　要：本试验旨在探讨玉屏风多糖对草鱼生长性能、免疫器官指数和肝胰脏非特异性免疫指标的影响，从而为玉屏风多糖在水产养殖上的应用提供理论基础。试验选择健康、体重相近[（74.50±2.50） g]的草鱼 750 尾，随机分为 5 组，每组 6 个重复，每个重复 25 尾，其中 1 组为对照组(Ⅰ组)，饲喂基础饲料，其他 4 组为试验组(Ⅱ～Ⅴ组)，饲喂在基础饲料的基础上分别添加 0.8、1.2、1.6、2.0 g/kg 玉屏风多糖的试验饲料。预试期 1 周，正试期 8 周。结果表明：各试验组的增重率、特定生长率均高于对照组，其中Ⅳ和Ⅴ组显著高于对照组（P<0.05）；各试验组饲料系数均低于对照组，其中Ⅳ和Ⅴ组显著低于对照组（P<0.05）。各试验组的头肾指数和脾脏指数均高于对照组，其中Ⅳ组的头肾指数以及Ⅳ和Ⅴ组的脾脏指数显著高于对照组（P<0.05）。各试验组肝胰脏中一氧化氮含量均低于对照组，但差异不显著（P>0.05）；各试验组肝胰脏中超氧化物歧化酶和过氧化氢酶活力均高于对照组，其中Ⅳ组与对照组差异达显著水平（P<0.05）；各试验组肝胰脏中丙二醛含量均低于对照组，其中Ⅳ组与对照组差异达显著水平（P<0.05）。综合来看，玉屏风多糖在饲料中的添加量为 1.6 g/kg 时可以显著改善草鱼的生长性能和免疫能力，获得较好的饲喂效果。

关键词：玉屏风多糖；草鱼；生长性能；免疫指标

中图分类号：S963　　　　　　　文献标识码：A　　　　　　　文章编号：

草鱼（*Ctenopharyngodon idellus*）是四大淡水家鱼之一，因其食性广、生长迅速、肉质

收稿日期：2016-05-17
基金项目：玉屏风多糖对草鱼生长性能影响及其调控机理研究（GDOU2016050208）
作者简介：王志敬（1990-），男，安徽定远人，硕士研究生，研究方向为动物营养。E-mail：zhijingw@126.com
*通信作者：尹福泉，副教授，硕士生导师，E-mail：yinfuquan01@163.com

鲜美和营养价值高等优点在长江流域等多水地区得到广泛的养殖，同时因其价格适中而深受广大消费的欢迎。程汉良等[1]研究得出草鱼肌肉中含有丰富的不饱和脂肪酸，黄春红等[2]试验表明草鱼头含有较高的氨基酸和必需氨基酸，同时鲜味物质也较青鱼和鳙鱼含量高。我国的古典医书和近代许多研究都表明鱼鳞具有一定的药用和食用价值，现在也有许多专家学者着手于鱼鳞营养物质的分离和应用[3-4]。

随着经济水平的发展和对于生命本质的认识，人们对于食品的数量和质量要求越来越高，高密度的饲养方式的确可以满足人们对于量的需要，但是对于质的要求则需要进一步探索。近年来，中草药在提高畜禽抵抗力与生产高质量畜禽产品方面取得了较大的突破。研究表明，黄芪、白术等中草药单味和复方以及其提取的多糖对机体的免疫性能和生产性能都具有一定的改善作用[5-13]，同时试验也表明中草药中的多糖物质是其发挥作用的主要物质。夏广清等[14]研究指出，黄芪多糖通过上调端粒逆转录酶(*TERT*)和下调 *p21*、*p53* 及 *bax* 基因的表达，从而起到一定的抗衰老作用；陈红伟等[7]研究表明，白术多糖对小鼠血清中的细胞因子起调节作用；赵燕飞等[8]研究得出白术多糖可对仔猪的肠道微生态区系产生影响。玉屏风多糖提取自复方玉屏风，主要由黄芪多糖、白术多糖和防风多糖等组成，目前关于玉屏风多糖在鱼类上的研究鲜有报道。本试验在前人研究的基础上，探讨不同比例玉屏风多糖对草鱼生长性能和免疫功能的影响，从而为玉屏风多糖在草鱼上的应用提供理论基础，同时也为生产高质量无药残的动物产品提供基础。

1 试验材料与方法

1.1 试验动物与饲料

草鱼：由佛山市南海百容水产良种有限公司提供。

玉屏风多糖：购自佛山德众药业有限公司，经实验室测定其总还原糖、粗蛋白质、粗脂肪、粗灰分、水分和粗纤维的含量分别为 34.20%、18.52%、0.71%、8.86%、8.21%和 0.67%。

试验用基础饲料组成及营养成分见表 1，饲料原料均购自粤海饲料公司。

表 1　基础饲料组成及营养水平（干物质基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of the basal diet （DM basis）　%

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
鱼粉 Fish meal	4.0
豆粕 Soybean meal	27.3
米糠 Rice bran	9.6
菜籽粕 Rapeseed meal	26.4
面粉 Wheat flour	24.7
豆油 Soybean oil	1.5
预混料 Premix1)	3.0
贝壳粉 Shell powder	1.7
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.8
合计 Total	100.0
营养水平 Nutrient levels2)	
粗蛋白质 CP	34.66
粗脂肪 EE	4.74
粗纤维 CF	6.80
粗灰分 Ash	8.94
水分 Moisture	10.00

1)预混料为每千克饲料提供 Premix provided the following per kilogram of the diet：VA 150 000 IU，VD_3 30 000 IU，VE 750 mg，VK_3 150 mg，叶酸 folic acid 2.5 g，烟酰胺 nicotinamide 50 g，泛酸 pantothenic acid 40g，

肌醇 inositol 75 g，Fe 2.5 g，Cu 0.075 g，Zn 0.75 g，Mn 0.5 g，Mg 5 g， I 22.5 mg，Se 3.5 m g，Co 7.5 mg。

2)营养水平均为实测值。Nutrient levels were measured values.

1.2 试验设计与饲养管理

试验选择健康无病、体重相近[（74.50±2.50） g]的草鱼 750 尾，随机分为 5 组（Ⅰ～Ⅴ组），每组 6 个重复，每个重复 25 尾。Ⅰ组为对照组，饲喂基础饲料，Ⅱ～Ⅴ组为试验组，分别饲喂在基础饲料的基础上添加 0.8、1.2、1.6、2.0 g/kg 玉屏风多糖的试验饲料。试验统一选择容积为 200 L 的养殖桶，24 h 通氧，3 d 换 1 次水（每次为总水量的 1/3），每天早、晚各投食 1 次，每次投食量为鱼群总重量的 4%。试验期间水温为 25～28 ℃，pH 为 7.2～7.4，溶氧浓度为 5 mg/L。预试期 1 周，正试期 8 周。

1.3 样品采集与指标测定

1.3.1 生长性能

分别于试验开始、试验第 28 天(第 4 周末)和试验结束后（第 8 周末）每组随机选择草鱼 30 尾（每个重复 5 尾）进行体尺和体重测量，计算生长性能指标。

增重率(weight gain rate，WGR，%)=100×(末均重-初均重)/初均重;

饲料系数(feed conversion ratio，FCR)=投饲量/总增重;

特定生长率(special growth rate，SGR，%/d)=100×(ln 末均重-ln 初均重)/试验天数;

鱼体肥满度(condition factor，CF,g/cm^3)=100×体重/体长 ^{3};

成活率(survival rate，SR，%)=测量日活鱼条数/上次测定活鱼数。

1.3.2 免疫器官指数和非特异性免疫指标的测定

于试验第 28 天进行解剖试验，每组随机选取草鱼 6 尾（每个重复 1 尾），分离头肾、肝胰脏和脾脏，分别称重后置于离心管中在-20 ℃下保存。

头肾指数、肝胰脏指数和脾脏指数比计算公式如下：

头肾指数(‰)=1 000×头肾重/鱼体总重;

肝胰脏指数(‰)=1 000×肝胰脏重/鱼体总重;

脾脏指数(‰)=1 000×脾脏重/鱼体总重。

分别用试剂盒测定试验第 28 天肝胰脏中溶菌酶（LSZ）、超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶（CAT）活力，一氧化氮（NO）和丙二醛（MDA）含量及总抗氧化能力（T-AOC），所用试剂盒均购自南京建成生物工程研究所。

1.4 数据处理与分析

试验数据采用 Excel 2007 进行初步处理后，用 SPSS 16.0 软件中 ANOVA 模型进行单因素方差分析，多重比较采用 LSD 方法。试验数据以平均值±标准差（SD）表示。

2 结 果

2.1 玉屏风多糖对草鱼生长性能的影响

由表 2 可知，在试验第 4 周和第 8 周时，各试验组的末均重均高于对照组，第 4 周时，Ⅳ和Ⅴ组的末均重显著高于对照组（P<0.05），第 8 周时，Ⅲ～Ⅴ组的末均重显著高于对照组（P<0.05）。在增重率方面，1～4 周时，Ⅳ、Ⅴ组显著高于对照组（P<0.05）；1～8 周时，Ⅲ～Ⅴ组显著高于对照组（P<0.05），同时Ⅳ、Ⅴ组还显著高于其他试验组（P<0.05）。1～4 周时，Ⅳ、Ⅴ组的饲料系数显著小于对照组（P<0.05）；1～8 周时，Ⅴ组的饲料系数显著小于其他各组（P<0.05）。Ⅳ、Ⅴ组的特定生长率在 1～4 周和 1～8 周时均显著高于对照组（P<0.05）。在肥满度方面，各试验组与对照组在各阶段均差异不显著（P>0.05）。在成活率方面，各试验组与对照组在各阶段均差异不显著（P>0.05），但是试验组的成活率在数值上高于对照组。

表 2　玉屏风多糖对草鱼生长性能的影响

Table 2　Effects of *Yupingfeng* polysaccharide on growth performance of grass carp

项目 Items	时间 Time	组别 Groups				
		I	II	III	Ⅳ	Ⅴ

初均重 IBW/g		75.00±2.83	74.75±1.71	76.25±1.71	72.75±2.36	73.25±3.86
末均重 AW/g	第 4 周 Week 4	96.53 ± 6.48^{b}	99.53 ± 3.82^{ab}	101.38 ± 2.54^{ab}	103.63 ± 2.18^{a}	103.23 ± 3.70^{a}
	第 8 周 Week 8	164.58 ± 4.21^{b}	171.49 ± 3.91^{ab}	179.21 ± 5.11^{a}	183.42 ± 2.19^{a}	183.59 ± 4.61^{a}
增重率 WGR/%	1～4 周 1 to 4 weeks	30.43 ± 8.25^{b}	32.95 ± 4.23^{ab}	33.00 ± 4.29^{ab}	41.93 ± 5.40^{a}	41.27 ± 10.31^{a}
	1～8 周 1 to 8 weeks	119.44 ± 6.32^{c}	130.25 ± 5.21^{bc}	136.31 ± 8.02^{b}	153.01 ± 7.33^{a}	149.54 ± 11.54^{a}
饲料系数 FCR	1～4 周 1 to 4 weeks	1.83 ± 0.31^{a}	1.58 ± 0.25^{ab}	1.59 ± 0.31^{ab}	1.21 ± 0.17^{b}	1.27 ± 0.42^{b}
	1～8 周 1 to 8 weeks	1.90 ± 0.34^{a}	1.83 ± 0.51^{a}	1.81 ± 0.31^{a}	1.73 ± 0.47^{a}	1.54 ± 0.21^{b}
特定生长率 SGR/（%/d）	1～4 周 1 to 4 weeks	0.94 ± 0.22^{b}	1.02 ± 0.11^{ab}	1.02 ± 0.12^{ab}	1.25 ± 0.12^{a}	1.23 ± 0.21^{a}
	1～8 周 1 to 8 weeks	1.40 ± 0.51^{b}	1.48 ± 0.32^{ab}	1.53 ± 0.21^{ab}	1.65 ± 0.25^{a}	1.64 ± 0.32^{a}
肥满度 CF/(g/cm^{3}）	1～4 周 1 to 4 weeks	1.27±0.29	1.13±0.41	1.06±0.12	1.02±0.11	0.96±0.15
	1～8 周 1 to 8 weeks	1.43±0.31	1.46±0.21	1.50±0.43	1.45±0.34	1.51±0.45
成活率 SR/%	1～4 周 1 to	99.33	100	100	100	100

4 weeks					
1～8 周 1 to 8 weeks	98.67	100	99.33	100	100

同行数据肩标相同或无字母表示差异不显著(P>0.05)，不同字母表示差异显著(P<0.05)。下表同。

Values in the same row with no or the same letter superscripts indicated no significant difference (P>0.05), while with different superscripts are significantly different (P<0.05). The same as below.

2.2 玉屏风多糖对草鱼免疫器官指数的影响

由表 3 可以看出，试验组的头肾指数均高于对照组，其中Ⅵ和Ⅴ组显著高于对照组（P＜0.05），各个试验组之间差异不显著（P＞0.05）；在Ⅱ～Ⅵ组（玉屏风多糖添加量为 0.8～1.6 g/kg）范围内头肾指数随玉屏风多糖添加量的增加逐步升高，当添加量为 2.0 g/kg 时头肾指数开始下降，但仍然显著高于对照组（P＜0.05）。各试验组的肝胰脏指数均小于对照组，但与对照差异不显著（P＞0.05），各试验组之间差异也不显著（P＞0.05）。各试验组的脾脏指数均高于对照组，Ⅰ～Ⅴ组分别比对照组高出 27%（P＞0.05）、32%（P＞0.05）、74%（P＜0.05）和 69%（P＜0.05）。

表 3 玉屏风多糖对草鱼免疫器官指数的影响

Table 3 Effects of *Yupingfeng* polysaccharide on immune organ indexes of grass carp ‰

项目 Items	组别 Groups				
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
头肾指数 HKI	1.96±0.37^{b}	2.26±0.46^{ab}	2.59±0.88^{ab}	2.62±0.57^{a}	2.24±0.49^{ab}
肝胰脏指数 HI	7.86±2.78	6.28±2.11	6.60±1.95	6.37±2.18	6.75±1.69
脾脏指数 SI	1.00±0.36^{b}	1.27±0.10^{ab}	1.32±0.15^{ab}	1.74±0.22^{a}	1.69±0.54^{a}

2.3 玉屏风多糖对草鱼肝胰脏非特异性免疫指标的影响

由表 4 可知，饲料中添加玉屏风多糖可降低肝脏中 LSZ 的活力，但与对照组相比差异均不显著（*P*＞0.05），各个试验组之间差异也不显著（*P*＞0.05）；玉屏风多糖添加量为 0.8～1.6 g/kg 时，肝脏中 LSZ 的活力逐步降低，当添加量为 2.0 g/kg 时，LSZ 的活力开始呈现上升的趋势。各试验组肝脏中一氧化氮（NO）的含量与对照组差异均不显著（*P*＞0.05），但是各试验组肝脏中 NO 的含量均较对照组低，Ⅰ～Ⅴ组分别比对照组降低 20.37%、44.40%、38.30%和 38.30%。在 T-AOC 方面，试验组与对照组之间、试验组与试验组之间的差异均不显著（*P*＞0.05）。各试验组肝脏中 SOD、CAT 的活力均高于对照组，其中Ⅱ、Ⅲ和Ⅴ组与对照组的差异未达显著水平（*P*＞0.05），Ⅳ组与对照组的差异达显著水平（*P*＜0.05），较对照组分别高出 16.13%、34.08%，各试验组之间差异不显著（*P*＞0.05）。各试验组间肝脏中 MDA 含量差异不显著（*P*＞0.05），Ⅳ组肝脏中 MDA 含量显著低于对照组（*P*＜0.05），其他试验组与对照组差异均不显著（*P*＞0.05）。

表 4　玉屏风多糖对草鱼肝胰脏非特异性免疫指标的影响

Table 4　Effects of non-specific immune indexes in hepatopancreas of grass carp

项目 Items	组别 Groups				
	I	II	III	IV	V
溶菌酶 LSZ/（μg/mL）	1.82±0.96	1.47±0.67	1.75±0.52	1.33±0.25	1.40±0.21
一氧化氮 NO/（μmol/g prot）	0.65±0.39	0.54±0.11	0.45±0.26	0.47±0.12	0.47±0.21
总抗氧化能力 T-AOC/（U/mg prot）	1.19±0.80	1.10±0.38	1.47±0.46	1.00±0.48	0.93±0.49
超氧化物歧化酶 SOD/（U/mg prot）	76.78±6.42^{b}	89.40±9.68^{ab}	90.16±1.01^{ab}	91.55±12.25^{a}	78.33±2.16^{ab}

过氧化氢酶 CAT/（U/g Hb）	21.28±3.62[b]	26.66±2.12[ab]	27.46±3.06[ab]	32.28±4.74[a]	28.68±2.66[ab]
丙二醛 MDA/（nmol/mg prot）	7.18±2.82[a]	6.32±1.95[ab]	4.77±1.62[ab]	3.02±0.49[b]	6.42±2.47[ab]

3 讨 论

3.1 玉屏风多糖对草鱼生长性能的影响

近年来药残和环境污染等问题的不断发生引发了人们对中草药添加剂的关注，中草药用于畜禽的生产效果逐步被大家所知晓。丁月云等[5]研究结果表明，在断奶仔猪的饲粮中添加1%的黄芪可以显著增强仔猪的健康水平，提高生产性能；张春香等[6]给育肥绵羊添加 1%的黄芪，其结果显示黄芪能显著提高绵羊的日增重、饲粮养分利用率和优质肉的比例；在仔猪饲粮中添加不同剂量和剂型的白术粉均可显著降低仔猪的腹泻率，提高生产性能，改善肠道微生物[8]；刁新平等[9]的研究表明，在断奶仔猪的饲粮中添加 0.2%的发酵白术可有效降低仔猪腹泻率，显著改善生产性能。由于中药独特的用药体系和使用复方方剂的特点，对其机理的研究难度较大，人们开始了对中药多糖的研究，并且从研究单味中药多糖逐渐发展到研究中药复方多糖体系。向枭等[15]用黄芪多糖对齐口裂腹鱼进行试验，结果表明黄芪多糖能够改善齐口裂腹鱼的生长性能；此外，许多研究都证明黄芪多糖对于水产动物的生长性能、饲料养分利用率和产品品质等都具有一定的改善作用[16-19]。玉屏风多糖提取自中药复方玉屏风，为中药复方多糖，由黄芪多糖、白术多糖、防风多糖等组成。本试验结果表明，玉屏风多糖对草鱼的末均重、增重率、饲料系数和特定生长率等都产生了影响，添加玉屏风多糖的各试验组的上述指标都优于或显著优于对照组。这与上述前人有关多糖的研究结果相一致。增重率和特定生长率可以作为草鱼生长速度的衡量指标，由本试验结果可以看出，在 0.8～1.6 g/kg 的范围内，随着玉屏风多糖添加量的增加，草鱼的生长速度逐步增加，添加量为 1.6 g/kg 时增重率和特定生长率显著高于对照组，而添加量为 2.0 g/kg 时增重率和特定生长率出

现降低趋势，但仍然显著高于对照组，说明玉屏风多糖添加量在 0.8～2.0 g/kg 范围内可以提高草鱼的增重速度。饲料系数可以反映草鱼对饲料养分的利用情况，本试验结果表明各试验组的饲料系数均小于对照组，在 1～4 周时，Ⅳ和Ⅴ组的饲料系数显著小于对照组，综合整个试验期，Ⅴ组的饲料系数最低，这与向枭等[15]的研究结果一致。综合来看，在草鱼饲料中添加 0.8～2.0 g/kg 玉屏风多糖可以提高草鱼的增重率和特定生长率，降低饲料系数，当添加量达到 1.6 g/kg 时，试验组显著优于对照组。

3.2 玉屏风多糖对草鱼非特异性免疫的影响

Huang 等[10]研究表明，在对癌症患者进行化疗时，联合使用玉屏风可以减轻放疗和化疗对患者造成的副作用；Xiong 等[11]通过对大鼠进行试验发现，玉屏风可以通过影响基因的表达而提高大鼠的免疫功能；Liu 等[12]发现玉屏风可以用于治疗由病毒引起的呼吸道感染类疾病，并通过试验发现可以取得较好的效果；Li 等[13]通过对小鼠的试验发现玉屏风不仅具有抗炎症和免疫调节的功能，而且对于由霉菌引起的肺部纤维化具有一定的治疗作用；丁月云等[5]、赵燕飞等[8]和刁新平等[9]均指出黄芪和白术可提高断奶仔猪的免疫力；陈红伟等[7]研究表明白术多糖可极显著增加小鼠血清中免疫因子水平；同时，夏广清等[14]还指出在斑马鱼中黄芪多糖可以通过调节相关基因的表达来延缓细胞的凋亡，从而起到抗衰老的作用。

本试验研究得出，玉屏风多糖对草鱼的肝胰脏指数无显著影响，对头肾指数和脾脏指数有显著影响，玉屏风多糖添加量在 0.8～1.6 g/kg 范围内头肾指数和脾脏指数逐步升高，当添加量为 1.6 g/kg 时显著高于对照组，当添加量达到 2.0 g/kg 时头肾指数和脾脏体指数开始下降。免疫器官指数是反映免疫器官发育程度的重要指标，一般来说免疫器官指数越大，免疫器官发育越完善，机体的免疫力就越强。从本试验的结果可以看出玉屏风多糖添加量为 0.8～1.6 g/kg 时对草鱼的肝胰脏指数无显著影响，当添加量达到 1.6 g/kg 时，试验组的头肾指数和脾脏指数显著高于对照组，可以起到增强免疫的效果。

LSZ 具有杀菌作用，是鱼类免疫功能的重要组成部分，在鱼类的非特异性免疫中具有非

常重要的地位；NO 在动物体内具有双向调节的作用[20]，即具有保护和损伤 2 种功能，一般来说其含量超过一定的范围就会对机体造成损伤；SOD 是生物体内广泛存在的超氧自由基清除因子，可以把有害的超氧自由基转化为过氧化氢；CAT 主要对过氧化氢进行催化，通过 CAT 的作用，过氧化氢转化为对机体无害的水和氧气；生物体收到自由基攻击时会引起脂质发生过氧化反应，最终生成 MDA，引起蛋白质、核酸等生命大分子的交联聚合，且具有细胞毒性，因此 MDA 含量的变化可反映机体的脂质过氧化程度。向枭等[15]在齐口裂腹鱼的饲料中添加黄芪多糖，结果发现黄芪多糖添加组血清中的 LSZ 和 SOD 活力显著高于未添加组；白东清等[21]研究表明，长期投喂黄颡鱼可显著提高肝胰脏中 LSZ 和 CAT 的活力，显著降低肝胰脏中 NO 的含量，对肝胰脏中 SOD 的活力无显著影响；张伟妮等[22]在罗非鱼的饲料中添加 1 000～2 000 mg/kg 的黄芪多糖，结果发现可以显著提高肝胰脏中 SOD 和 CAT 活力，富丽静等[23]和刘红柏等[24]分别在草鱼和史氏鲟的试验中得到同样的结果；苏岭等[25]对鲫鱼的研究表明，甘草和紫草可抑制脾脏中 NO 产生，但对肝胰脏中 NO 的生成具有促进作用；Muona 等[26]指出 SOD 可以增强吞噬细胞的活性；此外，试验已证明黄芪多糖对虾[27]、异育银鲫[28]和扇贝[29]都有免疫增强的作用。

本试验结果得出，饲料中添加玉屏风多糖对肝胰脏中 LSZ 活力无显著影响，对 NO 含量有降低的趋势，但差异未达显著水平；在玉屏风多糖添加量为 0.8～1.6 g/kg 时，肝胰脏中 SOD 和 CAT 活力随着添加量的增加而增加，当添加量为 1.6 g/kg 时，肝脏中 SOD 和 CAT 的活力显著高于对照组，继续增加玉屏风多糖的添加量，肝胰脏中 SOD 和 CAT 的活力开始下降；玉屏风多糖添加量不高于 1.6 g/kg 时，随着添加量的增加 MDA 的含量逐步下降，若玉屏风多糖添加量继续增加，则 MDA 含量开始升高。机体防御体系有酶促和非酶促 2 个体系，许多酶以微量元素为活性中心，如 SOD、CAT 等，非酶促反应体系中主要为维生素、氨基酸和金属蛋白质。在饲料中添加玉屏风多糖对草鱼肝胰脏中 SOD、CAT 的活力产生了显著影响，而对机体的 T-AOC 无显著影响，其原因可能是玉屏风多糖主要作用于酶促体系，

当玉屏风多糖添加量达到 1.6 g/kg 时草鱼肝胰脏中 SOD、CAT 活力显著高于对照组，MDA 含量显著低于对照组，当添加量达到 2.0 g/kg 时，与对照组相比，各试验组肝胰脏中 SOD、CAT 的活力下降、MDA 含量上升，这可能是由于中药多糖在体内具有双向调节作用，即适宜的添加量对机体的健康具有正向调节作用，添加量超过一定的范围就会对机体产生不良的影响。本试验结果说明在草鱼饲料中添加玉屏风多糖可以提高草鱼的抗氧化能力，当添加量超过一定范围时，草鱼的抗氧化能力开始减弱，或者说增加了自由基对机体的危害。

4 结 论

饲料中添加玉屏风多糖可对草鱼的生长性能和免疫性能产生影响，饲料中玉屏风多糖添加量为 1.6 和 2.0 g/kg 时可显著提高草鱼的增重率、特定生长率和脾脏指数，显著降低饲料系数；饲料中玉屏风多糖添加量为 1.6 g/kg 时，可显著提高草鱼的头肾指数、肝胰脏中 SOD 和 CAT 活力，显著降低肝胰脏中 MDA 含量。因此，本试验条件下，草鱼饲料中玉屏风多糖的建议添加量为 1.6 g/kg。

参考文献：

[1] 程汉良,蒋飞,彭永兴,等.野生与养殖草鱼肌肉营养成分比较分析[J].食品科学,2013,34(13):266–270.

[2] 黄春红,曾伯平,董建波.青鱼、草鱼、鲢鱼和鳙鱼鱼头营养成分比较[J].湖南文理学院学报:自然科学版,2008,20(3):46–48,57.

[3] PATI F,ADHIKARI B,DHARA S.Isolation and characterization of fish scale collagen of higher thermal stability[J].BioresourceTechnology,2010,101(10):3737–3742.

[4] 熊双丽,罗笑玲,黄妮.草鱼鱼鳞多糖的提取分离与初步鉴定[J].食品工业科技,2012,33(10):253–256.

[5] 丁月云,周芬,张巍,等.黄芪、红景天、当归对断奶仔猪生长性能及相关生理机能影响的比较[J].中国农业科学,2011,44(16):3469–3476.

[6] 张春香,张博,张炜,等.黄芪对育肥绵羊生长及产肉性能的影响[J].草地学报,2015,23(3):640–645.

[7] 陈红伟,何俭,黄庆洲,等.不同工艺制备的白术多糖对小鼠血清中细胞因子的影响[J].西南大学学报:自然科学版,2015,37(1):60–64.

[8] 赵燕飞,汪以真.白术、微米白术和白术多糖对断奶仔猪生长性能和肠道形态及微生态区系的影响[J].中国畜牧杂志,2015,51(1):65–69.

[9] 刁新平,王利军,陈美霞,等.发酵白术对断奶仔猪生长性能和血清生化免疫指标的影响[J].东北农业大学学报,2014,45(10):64–73.

[10] HUANG J H,MU Z L,ZHOU X J,et al.Effect of *Yupingfeng* granules on HA and Foxp^{3+} Treg expression in patients with nasopharyngeal carcinoma[J].Asian Pacific Journal of Tropical Medicine,2015,8(8):674–676.

[11] XIONG B,QIAN H N.Effects of *Sijunzi* decoction and *Yupingfeng* powder on expression of janus kinase-signal transducer and activator of transcription signal pathway in the brain of spleen-deficiency model rats[J].Journal of Traditional Chinese Medicine,2013,33(1):78–84.

[12] LIU Q,LU L,HUA M L,et al.*Jiawei-Yupingfeng-Tang*,a Chinese herbal formula,inhibits respiratory viral infections *in vitro* and *in vivo*[J].Journal of Ethnopharmacology,2013,150(2):521–528.

[13] LI L C,LI D L,XU L,et al.Total extract of *Yupingfeng* attenuates bleomycin-induced pulmonary fibrosis in rats[J].Phytomedicine,2015,22(1):111–119.

[14] 夏广清,韩晓娟.黄芪多糖对斑马鱼发育及与衰老相关基因表达的影响[J].中国药学杂志,2012,47(13):1039–1041.

[15] 向枭,陈建,周兴华,等.黄芪多糖对齐口裂腹鱼生长、体组成和免疫指标的影响[J].水生生物学报,2011,35(2):291–299.

[16] 孙永欣,李亚洁,温志新,等.饲喂黄芪和黄芪多糖对刺参生长性能的影响[J].中国饲料,2009(4):31–36.

[17] 陈勇,周洪琪.三种多糖对异育银鲫肠道、肝胰脏蛋白酶和淀粉酶活性的影响[J].上海水产大学学报,2005,14(4):468–471.

[18] 丁贤,李卓佳,陈永青,等.复合中草药对凡纳滨对虾生长和消化酶活力的影响[J].广东海洋大学学报,2007,27(1):22–26.

[19] 胡兵,刘军,侯永清,等.黄芪多糖对异育银鲫肌肉组成成分的影响[J].中国饲料,2008(11):37–38,44.

[20] PACHER P,BECKMAN J S,LIAUDET L.Nitric oxide and peroxynitrite in health and disease[J].Physiological Reviews,2007,87(1):315–424.

[21] 白东清,吴旋,郭永军,等.长期投喂黄芪多糖对黄颡鱼抗氧化及非特异性免疫指标的影响[J].动物营养学报,2011,23(9):1622–1630.

[22] 张伟妮,林旋,王寿昆,等.黄芪多糖对罗非鱼非特异性免疫和胃肠内分泌功能的影响[J].动物营养学报,2010,22(2):401–409.

[23] 富丽静,宋文华,于翔,等.五种植物免疫增强剂对草鱼非特异免疫力的影响[J].水产学杂志,2010,23(4):14–17.

[24] 刘红柏,卢彤岩,张春燕,等.黄芪对史氏鲟抗氧化能力及免疫力的影响[J].大连水产学院学报,2006,21(3):231–235.

[25] 苏岭,刘红柏,王荻,等.四种复方中药和黄芪多糖对鲫鱼生长、组织中 NO 含量与 NOS 活性的影响[J].水产学杂志,2010,23(3):11–15.

[26] MUONA M,SOIVIO A.Changes in plasma lysozyme and blood leucocyte levels of hatchery-reared Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and sea trout (*Salmo trutta* L.) during parr-smolt transformation[J].Aquaculture,1992,106(1):75–87.

[27] 刘树青,江晓路,牟海津,等.免疫多糖对中国对虾血清溶菌酶、磷酸酶和过氧化物酶的作用[J].海洋与湖沼,1999,30(3):278–283.

[28] 胡兵,刘军,侯永清,等.黄芪多糖对异育银鲫非特异性免疫力的影响[J].水利渔业,2008,28(3):108–111.

[29] 牟海津,江晓路,刘树青,等.免疫多糖对栉孔扇贝酸性磷酸酶、碱性磷酸酶和超氧化物歧化酶活性的影响[J].青岛海洋大学学报,1999,29(3):463–468.

Effects of *Yupingfeng* Polysaccharides on Growth Performance, Immune Organ Indexes and Hepatopancreas Non-Specific Immune Indexes of Grass Carp (*Ctenopharyngodon idellus*)

WANG Zhijing[1] LIU Mingzhu[1] YU Hui[2] YIN Fuquan[1*] DU Yinwei[2] TANG Hongyong[1] SHI Lin[1]

(1. *College of Agriculture*, *Guangdong Ocean University*, *Zhanjiang* 524088, *China*; 2. *College of Life Science and Engineering*, *Foshan University*, *Foshan* 528231, *China*)

Abstract: This experiment was designed to investigate the effects of *Yupingfeng* polysaccharides on growth performance, immune organ indexes and hepatopancreas non-specific immune indexes of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*), thus providing a theoretical basis for *Yupingfeng* polysaccharide used in the aquaculture. A total of 750 healthy grass carp with similar weight body weighr [(74.50±2.50) g] were randomly assigned to 5 groups with 3 replicates per group and 50 fish per replicate. The first group (group I) was the control group and fed with a basal diet, and the remaining four groups (groups II, III, IV and V) were experimental groups and fed with experimental diets supplementing 0.8, 1.2, 1.6 and 2.0 g/kg *Yupingfeng* polysaccharide based on the basal diet. The adaptation period lasted for 1 week and the formal period lasted for 8 weeks.

The results showed that the weight gain rate (WGR) and specific growth rate (SGR) in

experimental groups were higher than those in control group, and the differences were significant between groups Ⅳ and Ⅴ and control group ($P<0.05$); the feed conversion ratio (FCR) in experimental groups were lower than that in control group, and the difference was significantly between groups Ⅳ and Ⅴ and control group ($P<0.05$). The head kidney index and spleen index in experimental groups were higher than those in control group, and the head kidney index in group Ⅳ and spleen index in groups Ⅳ and Ⅴ were significantly higher than those in control group ($P<0.05$). The hepatopancreas nitrogen monoxide (NO) content in experimental groups were lower than those in control group, but the difference was not significant ($P>0.05$). The activities of superoxide dismutase (SOD) and catalase (CAT) in hepatopancreas in experimental groups were higher than those in control group, and the differences were significant between group Ⅳ and control group ($P<0.05$). The hepatopancreas malondialdehyde (MDA) content in experimental groups were lower than those in control group, and the difference was significant between group Ⅳ and control group ($P<0.05$). On the whole, supplementation of 1.6 g/kg *Yupingfeng* polysaccharide in the diet can improve the growth performance and immunity of grass carp, and obtain a better feeding effect.

Key words: *Yupingfeng* polysaccharide; grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*); growth performance; immune indexes